

# **VARIAÇÃO DA FOTOSSÍNTESE DE LARANJEIRAS DEVIDO A AMPLITUDE TÉRMICA DIÁRIA**

DANIELLE A. **PRUDENTE**<sup>1</sup>; RAFAEL V. **RIBEIRO**<sup>2</sup>; ANA C. R. **BUENO**<sup>3</sup>  
EDUARDO C. **MACHADO**<sup>4</sup>; DANIELA F. S. P. **MACHADO**<sup>5</sup>

Nº 10109

## **RESUMO**

Embora haja informação disponível em relação aos efeitos da temperatura na fisiologia e no crescimento dos citros a variação da amplitude térmica diária não é contemplada de forma isolada. Portanto o objetivo desse trabalho foi testar a hipótese de que a amplitude térmica diária afeta o metabolismo fotossintético de laranjeiras Valência enxertadas em limoeiro Cravo ou citrumeleiro Swingle, e que a capacidade fotossintética é maior nos regimes com maior variação de temperatura. As plantas foram submetidas a dois regimes de temperatura (dia/noite) de crescimento por 20 dias, mantendo-se a temperatura média de 25 °C constante com amplitude térmica diária de 0 °C (25/25 °C) e 15 °C (32,5/17,5 °C). Foram avaliadas as trocas gasosas, a atividade fotoquímica e o crescimento das plantas. Maiores valores de fotossíntese, eficiência instantânea de carboxilação e fluxo de elétrons para a carboxilação e menor respiração foliar diurna foram observados na maior amplitude térmica diária, independente do porta-enxerto. Essas alterações foram associadas ao maior acúmulo de matéria seca das brotações, comprovando a hipótese inicial da pesquisa.

## **ABSTRACT**

Although one may find several reports about the effects of temperature on physiology and growth of citrus, data about the variation of daily thermal amplitude are not available. Therefore, the aim of this work was to test the hypothesis that the daily thermal amplitude affects the photosynthetic metabolism of Valencia sweet orange plants grafted on Rangpur lime or Swingle citrumelo, being the photosynthetic capacity enhanced with increasing temperature variation. Plants were

<sup>1</sup>: Bolsista PIBIC/CNPq; Graduanda em Ciências Biológicas, PUCAMP, Campinas-SP, danielleaprudente@gmail.com

<sup>2</sup>: Orientador: Pesquisador, Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Ecofisiologia e Biofísica, CEB/IAC – Campinas-SP.

<sup>3</sup>: Colaboradora: Mestranda do Programa de Pós-graduação, IAC – Campinas-SP.

<sup>4</sup>: Colaborador: Pesquisador, CEB/IAC – Campinas-SP.

<sup>5</sup>: Colaboradora: Doutoranda do Programa de Pós-graduação, IAC – Campinas-SP.

subjected to two temperature regimes (day/night) for 20 days, maintaining mean temperature of 25 °C constant with daily thermal amplitude of 0 °C (25/25 °C) and 15 °C (32.5/17.5 °C). Evaluations of leaf gas exchange, photochemical activity and plant growth were taken. Higher photosynthesis, instantaneous carboxylation efficiency and electron flow to carboxylation and lower diurnal leaf respiration were noticed under higher daily thermal temperature, regardless rootstock species. These changes were associated to higher accumulation of shoot dry matter, proving the initial hypothesis of this research.

## INTRODUÇÃO

Existe informação disponível em relação aos efeitos da temperatura na fisiologia e no crescimento dos citros, porém a amplitude térmica diária não é contemplada de forma isolada. Indiretamente, SUSANTO *et al.* (1992) observaram maior crescimento vegetativo de citros em condição de maior amplitude térmica. Sabe-se que maiores valores de fotossíntese ocorrem durante o verão, quando há maior amplitude térmica diária (RIBEIRO *et al.*, 2009). Logo, poder-se-ia sugerir que além da temperatura absoluta do ar, a variação da mesma (amplitude térmica) favoreceria a fotossíntese e, portanto o crescimento dos citros. O objetivo deste trabalho foi testar a hipótese citada, realizando medidas em laranjeiras Valência crescidas em condições controladas.

## MATERIAL E MÉTODOS

Mudas de laranja 'Valência' [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] enxertada em limoeiro Cravo (*Citrus limonia* Osbeck) ou citrumeleiro Swingle [*Citrus paradisi* Macf x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.] com aproximadamente seis meses de idade foram utilizadas no experimento. Mudanças apresentando visível vigor vegetativo, porte similar e com surgimento de brotações vegetativas foram selecionadas e dispostas em uma câmara de crescimento (modelo PGR15, Conviron, Canadá).

Independente do tratamento térmico, as plantas permaneceram por cinco dias em regime de temperatura de 25/20 °C (dia/noite) antes do início do experimento. Após esse período, as plantas foram submetidas a dois regimes de temperatura por 20 dias, mantendo-se a temperatura média de 25 °C constante: 25/25 °C; 32,5/17,5 °C. Esses regimes determinaram condições de amplitude térmica diária de 0 °C e 15 °C. As demais condições ambientais na câmara de crescimento foram mantidas constantes: radiação fotossinteticamente ativa ( $Q$ , 800  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ); déficit de pressão

de vapor do ar ( $<1,5$  kPa); e fotoperíodo de 12 h. No início de cada regime de temperatura, as mudas apresentavam três brotações (comprimento de  $0,72 \pm 0,47$  cm).

Após 15 dias de tratamento, avaliou-se em folhas das brotações a assimilação de  $\text{CO}_2$  ( $A$ ), a condutância estomática ( $g_s$ ), a concentração intercelular de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ), os coeficientes de extinção fotoquímica ( $q_p$ ) e não-fotoquímica ( $NPQ$ ) da fluorescência e o transporte aparente de elétrons ( $ETR$ ) (ROHACEK, 2002) sob Q saturante ( $2000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). A eficiência quântica potencial do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ) e a respiração ( $R$ ) foram realizadas em tecidos adaptados ao escuro. As avaliações foram realizadas com um sistema portátil de fotossíntese Li-6400 e um fluorômetro 6400-40 (Licor, EUA), com a concentração de  $\text{CO}_2$  no ar mantida constante ( $400 \mu\text{mol mol}^{-1}$ ) e a temperatura da folha de  $25^\circ\text{C}$ . A eficiência instantânea de carboxilação ( $A/C_i$ ) e os fluxos de elétrons para a atividade carboxilase e oxigenase da enzima Rubisco também foram avaliados (GENTY *et al.*, 1989).

No 20º dia de tratamento, avaliou-se o comprimento das brotações e a matéria seca de folhas das brotações. As folhas foram coletadas e desidratadas em estufa de circulação forçada a  $60^\circ\text{C}$  até a obtenção da massa seca constante.

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com dois tratamentos (amplitudes térmicas). Foram consideradas três repetições para as trocas gasosas e atividade fotoquímica e seis repetições para as medidas biométricas. Os resultados foram submetidos à análise de variância e quando detectada diferença significativa, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As plantas submetidas à amplitude térmica diária de  $15^\circ\text{C}$  apresentaram maiores valores de fotossíntese ( $A$ ), com aproximadamente o dobro do valor encontrado nas plantas submetidas à amplitude térmica de  $0^\circ\text{C}$  (Tabela 1). Esses resultados foram independentes do porta-enxerto considerado. A variação em  $A$  não foi promovida por alterações na condutância estomática ( $g_s$ ), que foi similar entre os tratamentos (Tabela 1). Já a eficiência instantânea de carboxilação ( $A/C_i$ ) foi maior na amplitude térmica de  $15^\circ\text{C}$ , sendo aproximadamente 4,2 vezes maior para plantas sobre o limoeiro Cravo e 2,2 vezes maior nas plantas sobre citrumeleiro Swingle (Tabela 1). Logo, a eficiência de carboxilação foi estimulada pela maior amplitude térmica e causou alteração significativa em  $A$ .

Quanto à atividade fotoquímica, não foram observadas alterações significativas no transporte aparente de elétrons ( $ETR$ ), nos coeficientes de extinção fotoquímica ( $q_p$ ) e não fotoquímica ( $NPQ$ ) e na eficiência quântica potencial do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ) que pudessem justificar a variação em  $A$  (Tabela 1). Em geral, as variáveis

fotoquímicas analisadas indicam um bom desempenho dos fotossistemas, estando de acordo com os dados da literatura (RIBEIRO *et al.*, 2009) e fornecendo quantidade suficiente de elétrons para a fixação de CO<sub>2</sub>. Esta afirmação é baseada na relação *ETR/A*, que foi superior a quatro (mínimo exigido em cada fotossistema) em todos os tratamentos. O fluxo de elétrons destinados a carboxilação (*Jc*) aumentou no tratamento com amplitude térmica de 15 °C, independente do porta-enxerto (Tabela 1), estando esta resposta de acordo com a maior *A/C<sub>i</sub>*. Não houve variação no fluxo de elétrons destinados a oxigenação (*Jo*), sugerindo que a fotorespiração não foi alterada pela variação da amplitude térmica.

**Tabela 1.** Variáveis fisiológicas de laranjeira Valência enxertada em limoeiro Cravo ou citrumeleiro Swingle e crescidas em ambiente com amplitude térmica diária de 0 °C e 15 °C: assimilação de CO<sub>2</sub> (*A*), condutância estomática (*gs*), eficiência instantânea de carboxilação (*A/C<sub>i</sub>*), respiração (*R*), eficiência quântica potencial do fotossistema II (*Fv/Fm*), transporte aparente de elétrons (*ETR*), coeficientes de extinção fotoquímico (*q<sub>p</sub>*) e não fotoquímico (*NPQ*), fluxo de elétrons para a carboxilação (*Jc*) e oxigenação (*Jo*). Medidas realizadas a 25 °C e sob saturação luminosa\*.

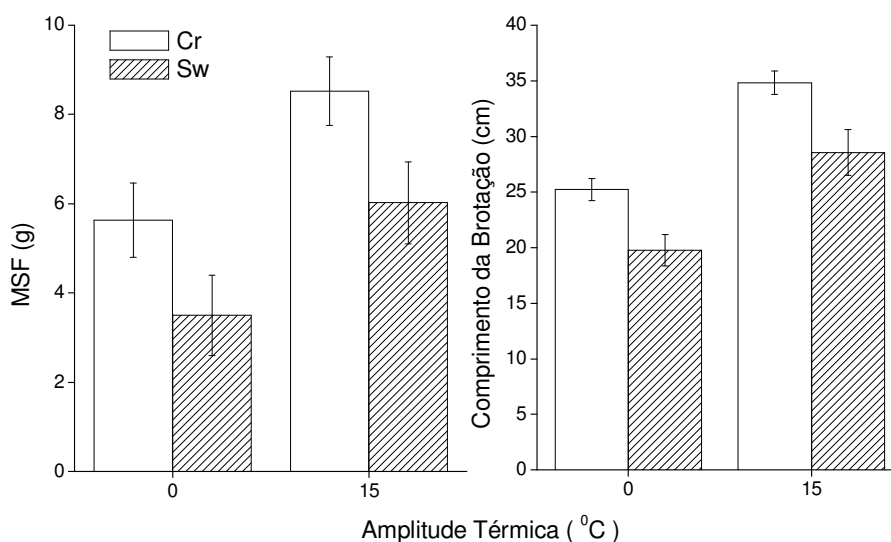
Variáveis	Valência/Cravo		Valência/Swingle	
	0 °C	15 °C	0 °C	15 °C
<i>A</i> (μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	7,25±0,15 b	13,00±0,66 a	7,71±0,25 b	12,20±0,26 a
<i>gs</i> (mol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	0,14±0,06 a	0,09±0,01 a	0,20±0,06 a	0,14±0,03 a
<i>A/C<sub>i</sub></i> (μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> Pa <sup>-1</sup> )	0,26±0,02 b	1,09±0,17 a	0,26±0,01 b	0,58±0,15 a
<i>R</i> (μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	1,79±0,26 a	0,69±0,18 b	1,49±0,32 a	0,25±0,25 b
<i>Fv/Fm</i>	0,74±0,03 a	0,76±0,03 a	0,71±0,03 a	0,77±0,02 a
<i>ETR</i> (μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	52,2±4,1a	63,5±9,9 a	48,5±9,9 a	67,2±9,9 a
<i>q<sub>p</sub></i>	0,45±0,04 a	0,44±0,07 a	0,51±0,06 a	0,48±0,04 a
<i>NPQ</i>	2,01±0,38 a	2,46±0,56 a	3,10±0,99 a	2,52±0,13 a
<i>Jc</i> (μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	41,5±1,9 b	57,7±3,9 a	40,7±3,9 b	55,6±2,8 a
<i>Jo</i> (μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	10,7±2,8 a	6,0±4,5 a	7,8±6,1 a	11,6±7,4 a

\*Exceção para *R* e *Fv/Fm*. Em cada combinação copa/porta-enxerto, médias de tratamentos seguidas de letras distintas são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A respiração (*R*), que é a oxidação de compostos orgânicos produzidos a partir da fotossíntese, foi maior na amplitude 0 °C (Tabela 1). Com base nestes resultados podemos admitir que a fotossíntese líquida foi maior na amplitude térmica de 15 °C

devido a redução da respiração e maior fotossíntese bruta. A primeira afirmação foi baseada nos dados de  $R$  e a segunda no aumento significativo de  $A/C_i$  e  $J_c$  (Tabela 1).

Após 20 dias de tratamento verificou-se que as plantas submetidas à maior amplitude térmica diária apresentaram maior crescimento vegetativo, evidenciado pelo maior comprimento da brotação e maior matéria seca das folhas (Figura 1).



**Figura 1** – Variação (em 20 dias) da matéria seca das folhas (MSF) e do comprimento de brotações (CB) de laranjeiras enxertadas em limoeiro Cravo (Cr) ou citrumeleiro Swingle (Sw) crescidas em regimes de temperatura com 0 °C e 15 °C de amplitude térmica. Cada símbolo representa o valor médio ( $n=6$ )  $\pm$  desvio padrão.

Portanto, pode-se presumir que a maior fotossíntese foi associada ao maior crescimento vegetativo das plantas em regime térmico com maior amplitude diária (Tabela 1; Figura 1). Aparentemente, a menor respiração foliar diurna observada neste estudo justifica a maior fotossíntese das plantas. Todavia, há de se considerar que as folhas representam a menor fração da planta (variando entre 8% e 11% da matéria seca total) e que a princípio o crescimento tem relação direta com a respiração da planta inteira. Logo, torna-se importante estudar o balanço diário de carbono nas laranjeiras, o qual deve ser afetado no sentido de melhorar a eficiência de conversão de energia em biomassa (BUENO *et al.*, 2010).

## CONCLUSÃO

Laranjeiras Valência submetidas à maior amplitude térmica diária apresentam maior fotossíntese, sendo esta resposta causada por fatores bioquímicos (maior

carboxilação) e redução da perda foliar diurna de CO<sub>2</sub> (menor respiração). A maior fotossíntese foi associada ao melhor crescimento vegetativo, independente do porta-enxerto considerado.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas de iniciação científica (D.A.P) e de produtividade científica (R.V.R., E.C.M) e pelo financiamento dessa pesquisa e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) pela bolsa de mestrado concedida a A.C.R.B.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BUENO, A.C.R.; RIBEIRO, R.V.; PRUDENTE, D.A.; MACHADO, E.C. O aumento da amplitude térmica diária promove o crescimento de laranjeiras. In: XXI CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, Natal, RN. 2010. (submetido)

GENTY, B.; BRIANTAIS, J.-M.; BAKER, N.R. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence.

**Biochimica et Biophysica Acta**, v.990, p.87-92, 1989.

RIBEIRO, R.V.; MACHADO, E.C.; SANTOS, M.G.; OLIVEIRA, R.F. Seasonal and diurnal changes in photosynthetic limitation of young sweet orange trees.

**Environmental and Experimental Botany**, v.66, p.203-211, 2009.

ROHACEK, K. Chlorophyll fluorescence parameters: the definitions, photosynthetic meaning, and mutual relationships. **Photosynthetica**, v.40, p.13-29, 2002.

SUSANTO, S.; NAKAJIMA, Y.; HASEGAWA, K.; OZAWA, Y. Effect of early season day/night temperatures on vegetative and reproductive growth of cultivar 'Tosa Buntan' pummel (*Citrus grandis* (L.) Osbeck). **Scientia Horticulturae**, v.50, p.147-151, 1992.